

10.630.085

11.20.2003



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)

EP 1 067 608 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

10.01.2001 Bulletin 2001/02

(51) Int. Cl.⁷: H01L 41/04

(21) Numéro de dépôt: 00401881.8

(22) Date de dépôt: 30.06.2000

(84) Etats contractants désignés:

Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 09.07.1999 FR 9908932

(71) Demandeur: Renault
92109 Boulogne Billancourt (FR)

(72) Inventeurs:

- Ballesteros, Guillermo
77290 Mitry-Mory (FR)
 - Macua, Eugénio
31008 Pampelune (ES)

(54) Dispositif et procédé de commande d'un actuateur piezo-électrique

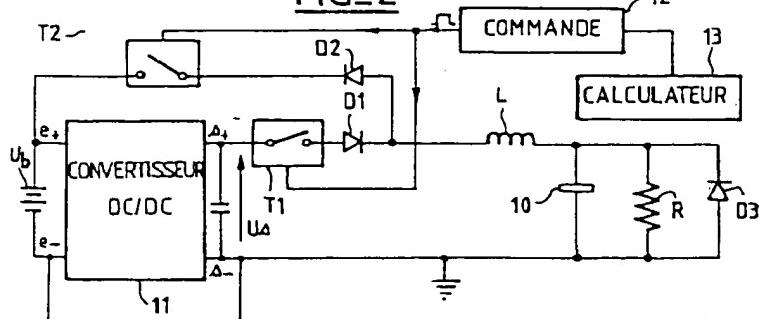
(57) L'invention concerne un dispositif de commande d'un actuateur à céramique piézo-électrique, comprenant un convertisseur de tension en courant continu, un circuit de charge de la céramique constitué d'une inductance réalisant un circuit oscillant avec la capacité de la céramique, en série avec un interrupteur et une diode, tel que :

avec l'inductance (L) et passants dans le sens du courant de décharge (9),

et comportant de plus des moyens de maintien de la tension aux bornes de la céramique à une valeur nulle en décharge et d'annulation du courant (I) dans l'inductance (L), et des moyens de blocage de la charge de la céramique par des courants de fuite des interrupteurs après sa décharge.

Application aux injecteurs de carburant pour véhicule.

FIG_2



EP 1 067 608 A1

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif de commande d'un actuateur piézo-électrique piloté électroniquement, et plus particulièrement d'un injecteur de carburant à étage piézo-électrique piloté par le calculateur d'injection électronique du moteur thermique, dans un véhicule automobile.

[0002] Actuellement, l'injection d'essence ou de gasole dans les cylindres d'un moteur thermique, pour véhicule automobile, est assurée par des injecteurs à céramique piézo-électrique aux bornes de laquelle on fait varier la tension de façon à modifier son épaisseur, entre deux positions extrêmes, ce qui a pour conséquence d'ouvrir et de fermer l'injecteur. La céramique piézo-électrique est équivalente à une capacité, qui est classiquement associée à une inductance pour constituer un circuit oscillant.

[0003] La figure 1 est un schéma électronique d'un dispositif de commande d'une céramique piézo-électrique 1 équivalente à une capacité C, associée à une première inductance L₁ pour réaliser un circuit oscillant de charge de la céramique, au double de la tension d'alimentation U_s délivrée par un convertisseur 2 de tension en courant continu DC-DC alimenté lui-même par la basse tension U_b de la batterie, de l'ordre de 12 volts. Un transistor T₁₀ de type MOSFET canal N est branché en série avec une diode D₁₀, entre le convertisseur 2 et la borne de l'inductance L₁ opposée à la céramique. Le transistor T₁₀ est piloté en tout ou rien par le calculateur d'injection 3 par exemple. Lorsque le transistor T₁₀ est piloté pour être passant, la céramique piézo-électrique 1 se charge en mode oscillant. La tension U à ses bornes est donc sinusoïdale et atteint un maximum égal au double de la tension U_s de sortie du convertisseur. Lorsque cette tension maximale est atteinte aux bornes de la céramique, le courant qui la traverse s'annule et la diode D₁₀ se bloque, le transistor T₁₀ est alors commandé au blocage. La tension aux bornes de la céramique reste constante.

[0004] La décharge de la céramique piézo-électrique se fait à travers un second circuit oscillant, composé de la céramique et d'une seconde inductance L₂ branchée à la masse. Un second transistor T₂₀ de type MOSFET est branché en série avec une diode D₂₀ entre la céramique 1 et l'inductance L₂. Lorsque le transistor T₂₀ est commandé pour être passant, la capacité de la céramique se décharge sous un mode oscillant à travers la diode D₂₀ et l'inductance L₂₀. Lorsque le courant dans la capacité s'annule, la diode D₂₀ se bloque et le transistor T₂ est commandé au blocage. Alors la céramique piézo-électrique reste chargée à une tension négative égale au double de la tension d'entrée. Un tel dispositif de commande d'une céramique piézo-électrique est décrit dans la demande de brevet japonais JP 6153538, déposée au nom de TOYOTA.

[0005] Cette conception actuelle d'un dispositif de commande présente, comme principal inconvénient, la

non annulation de la tension aux bornes de la céramique piézo-électrique à la fin du cycle de décharge, en raison des pertes mécaniques dans l'injecteur et des pertes résistives du circuit électrique. Cela pose deux problèmes, d'une part la totalité de l'énergie n'est pas récupérée, et d'autre part la présence d'une charge négative à la fin du cycle de décharge entraîne un mauvais fonctionnement de l'injecteur à céramique.

[0006] Pour pallier ces inconvénients, le circuit oscillant de décharge de la capacité de la céramique piézo-électrique n'est plus relié à la masse du convertisseur de tension, mais à son entrée pour assurer l'annulation de la tension aux bornes de la céramique et la récupération totale de l'énergie.

[0007] Pour cela, l'objet de l'invention est un dispositif de commande d'un actuateur à céramique piézo-électrique, piloté électroniquement par un signal logique, comprenant un convertisseur de tension en courant continu alimenté en basse tension, un circuit de charge de la céramique piézo-électrique constitué d'une inductance réalisant un circuit oscillant avec la capacité de la céramique, en série avec un interrupteur et une diode, caractérisé en ce que :

- 25 - le circuit de décharge de la céramique piézo-électrique est constitué d'une inductance réalisant un second circuit oscillant dont la tension d'entrée est égale à la tension d'entrée du convertisseur de tension par l'intermédiaire d'un second interrupteur associé à une seconde diode en série avec l'inductance et passants dans le sens du courant de décharge.

[0008] Selon une autre revendication, le dispositif de commande comporte de plus :

- des premiers moyens de maintien de la tension aux bornes de la céramique piézo-électrique à une valeur nulle en fin de décharge et d'annulation du courant dans l'inductance, et
- des seconds moyens de blocage de la charge de l'élément piézo-électrique par des courants de fuite des interrupteurs après sa décharge.

[0009] Selon une autre caractéristique de l'invention, le circuit de décharge est constitué de la même inductance réalisant un second circuit oscillant dont la tension d'entrée est égale à la tension d'entrée du convertisseur de tension par l'intermédiaire d'un second interrupteur associé à une seconde diode en série avec l'inductance et passants dans le sens du courant de décharge.

[0010] Un autre objet de l'invention est un procédé de commande d'un actuateur à céramique piézo-électrique par ledit dispositif, caractérisé en ce que le signal logique pilotant les interrupteurs du dispositif est envoyé par un circuit de commande recevant un ordre d'un calculateur de contrôle de l'actuateur, de sorte que le dis-

positif de commande fonctionne soit en boucle ouverte, soit en boucle fermée, pour assurer une charge complète de la céramique.

[0011] Selon une autre caractéristique, le procédé commande l'actuateur en mode régulation de la tension de sortie du convertisseur de tension en fonction des variations des caractéristiques de la céramique piézo-électrique.

[0012] Selon une autre caractéristique, le procédé commande l'actuateur à la fois en mode de régulation de la tension de sortie du convertisseur en fonction des caractéristiques de la céramique piézo-électrique et de plus en boucle fermée pour assurer une charge complète de cette céramique.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description de deux versions d'un dispositif de commande d'un actuateur piézo-électrique, illustrée par les figures suivantes qui, outre la figure 1- déjà décrite concernant un dispositif de l'art antérieur, sont :

- la figure 2 : une première variante du dispositif de commande d'une céramique piézo-électrique, en boucle ouverte, selon l'invention ;
- la figure 3 : une deuxième variante du dispositif de commande d'une céramique piézo-électrique, en boucle ouverte, selon l'invention ;
- la figure 4 : le schéma équivalent au circuit de charge de la céramique piézo-électrique, selon l'invention ;
- la figure 5 : le schéma équivalent au circuit de décharge de la céramique piézo-électrique, selon l'invention ;
- la figure 6 : le schéma équivalent au circuit d'annulation du courant dans l'inductance du dispositif selon l'invention ;
- les figures 7 et 9 : trois modes de fonctionnement différents du dispositif de commande d'une céramique piézo-électrique, en mode de régulation, selon l'invention ;
- la figure 10 : les courbes d'intensité de courant et de tension lors de la charge puis de la décharge d'une céramique piézo-électrique, selon l'invention.

[0014] Les éléments portant les mêmes références sur les différentes figures remplissent les mêmes fonctions en vue des mêmes résultats.

[0015] Comme le montre le schéma électronique de la figure 2, le dispositif de commande d'une céramique piézo-électrique 10 selon l'invention comporte un convertisseur 11 de la basse tension d'alimentation U_b , qui est celle de la batterie dans le cas d'un véhicule automobile. Ce convertisseur de tension DC-DC en courant continu délivre en sortie une tension U_s qui fixera la tension de charge de la céramique piézo-électrique. Pour une tension d'alimentation de 12 volts, le convertisseur fournit une tension de l'ordre de 100 volts par exemple. Pour obtenir la récupération complète de

l'énergie stockée lors de la charge de l'élément piézo-électrique, le convertisseur doit être de type sans isolation, dont la borne négative e_- de la tension d'entrée U_b est reliée à la borne négative s de la tension de sortie U_s .

[0016] Le circuit de charge de l'élément piézo-électrique 10, qui est équivalent à une capacité électrique C , est constitué d'une part par une inductance L réalisant avec la capacité un circuit oscillant, et d'autre part par un interrupteur T_1 , par exemple un transistor de puissance, de type MOSFET canal N, ou bipolaire ou à effet de champ par exemple, qui assure la charge de la capacité, associé à une diode D_1 en série avec le transistor et l'inductance L . Elle est passante dans le sens du courant de charge et assure la fin du cycle de charge de cette capacité par annulation du courant lors de son blocage.

[0017] Selon une caractéristique de l'invention, le circuit de décharge de l'élément piézo-électrique est constitué par la même inductance L que le circuit de charge pour réaliser un second circuit oscillant, dont la tension d'entrée est égale à la tension d'entrée U_b du convertisseur de tension 11 par l'intermédiaire d'un deuxième interrupteur T_2 , par exemple un transistor de puissance, de type MOSFET canal N, dont le drain est relié à une deuxième diode D_2 en série avec la borne de l'inductance L opposée à l'élément piézo-électrique. La source du transistor T_2 est reliée à la borne positive e_+ d'entrée du convertisseur 11. Le transistor T_2 assure la décharge de la céramique piézo-électrique et la diode D_2 assure la fin du cycle de décharge par annulation du courant lors de son blocage, ce transistor et cette diode étant passants dans le sens du courant de décharge allant de l'inductance L vers l'entrée du convertisseur. Le transistor de puissance T_2 peut aussi être de type bipolaire, à effet de champ, ou autre.

[0018] Selon une autre caractéristique de l'invention, sont placés, en parallèle, sur la capacité de la céramique, des premiers moyens de maintien de la tension de la céramique à une valeur nulle en décharge et d'annulation du courant dans l'inductance L_3 et des seconds moyens destinés à éviter la charge de la céramique provoquée par les courants de fuite des transistors jouant le rôle d'interrupteurs de puissance.

[0019] Selon une première variante de réalisation du dispositif de commande selon l'invention, ces premiers moyens sont constitués par une diode D_3 qui reste bloquée jusqu'à ce que la tension de la céramique s'annule, et ces seconds moyens sont constitués par une résistance R . Dans une deuxième variante de réalisation, représentée sur la figure 3, ces deux moyens sont constitués par un transistor de puissance MOSFET T_3 , possédant une diode interne d_3 . Ce transistor peut aussi être de type bipolaire, à effet de champ, IGBT ou autre, avec une diode en parallèle dont l'anode est reliée à la masse et la cathode à l'inductance.

[0020] Dans les deux variantes de réalisation, les transistors de puissance T_1 et T_2 des circuits de charge

et de décharge de l'élément piézo-électrique sont pilotés en tout ou rien par un signal logique émis par un circuit électronique 12 de commande à partir d'un calculateur 13 de contrôle de l'actuateur, notamment le calculateur d'injection électronique pour un injecteur de carburant dans un moteur de véhicule. De même, dans la deuxième variante de réalisation, le transistor de puissance T_3 est piloté par ce même signal logique.

[0021] Le fonctionnement du dispositif de commande selon l'invention va être décrit au moyen des figures 4 à 7 en relation avec les chronogrammes de la figure 10.

[0022] Le fonctionnement du dispositif de commande d'un injecteur de carburant à céramique piézo-électrique se déroule selon quatre séquences :

- une séquence où l'élément piézo-électrique est au repos, non chargé, donc sans injection de carburant,
- une séquence de charge de l'élément piézo-électrique,
- une séquence d'injection de carburant,
- une séquence de décharge de l'élément piézo-électrique.

[0023] Le calculateur électronique 13 de contrôle du moteur thermique émet un ordre d'injection qui répond aux besoins du moteur en quantité de carburant nécessaire et en phasage avec la position du moteur et des soupapes, et se traduit par un signal logique S_1 du circuit de commande 12 d'une durée T' , représenté par la courbe (C_0) de la figure 10, la durée T étant la durée d'injection dans la séquence d'injection du carburant.

[0024] Avant l'instant t_0 de démarrage de l'injection, donc en séquence sans injection, les transistors T_1 et T_2 sont bloqués, à l'état 0 ou OFF comme le montrent les courbes respectives (C_1) et (C_2) de la figure 10.

[0025] Dans la première variante de réalisation, la résistance R placée en parallèle sur la céramique piézo-électrique de capacité C est destinée à éviter une charge intempestive de cette céramique à cause des courants de fuite des interrupteurs.

[0026] Pour cela, elle doit avoir une valeur déterminée suffisamment élevée pour que son effet soit négligeable pendant les cycles de charge et de décharge de la céramique piézo-électrique, et pour éviter une décharge de cette céramique pendant la période où elle doit rester chargée.

[0027] Dans la seconde variante de réalisation, l'interrupteur T_3 est amorcé, & l'état ON, avant l'instant t_0 de début d'injection (courbe C_3) pour fixer à une valeur nulle la tension aux bornes de la céramique piézo-électrique et produire un effet équivalent à la résistance R .

[0028] A l'instant t_0 , lorsque le signal de commande passe de l'état bas 0 à l'état haut 1, le front montant est détecté et le transistor T_1 est immédiatement amorcé,

passant de l'état 0 à l'état 1. C'est le début de la séquence de charge de l'élément piézo-électrique de l'actuateur.

[0029] Le transistor T_2 est maintenu bloqué, seul le transistor T_1 étant passant.

[0030] Dans la deuxième variante de réalisation, le transistor T_3 est bloqué à l'instant t_0 de détection du front montant du signal de commande.

[0031] Lorsque le transistor de charge T_1 devient passant, le convertisseur de tension 11 fournit une haute tension de sortie U_s , un courant I , représenté par la courbe (C_6), passe à travers le circuit oscillant formé par l'inductance L et la capacité C de la céramique, puisque la diode D_1 est placée en série avec l'inductance de façon à être passante lors de la charge de la capacité C .

[0032] Cette capacité C se charge jusqu'à une tension théorique U_{max} égale au double de la tension de sortie U_s du convertisseur de tension (courbe C_5).

[0033] Dans la première variante de réalisation, la diode D_3 reste naturellement bloquée donc aucun courant I_3 ne la traverse (courbe C_7), et la résistance R choisie a une valeur suffisamment élevée pour négliger son influence dans le circuit oscillant lors de ce cycle de chargement.

[0034] Dans la deuxième variante de réalisation, puisque le transistor T_3 est bloqué, sa diode interne reste aussi naturellement bloquée car la tension drain-source est positive, de sorte que le transistor T_3 n'a aucune influence lors de la charge de la céramique.

[0035] La figure 4 est le schéma électronique équivalent au circuit de charge de la céramique piézo-électrique dans le premier mode de réalisation. Bien entendu, il suffit de remplacer la résistance R en parallèle avec la diode D_3 , par le transistor T_3 pour obtenir le schéma du circuit de charge dans le cas de la deuxième variante de réalisation.

[0036] Comme le montre la courbe C_6 de la figure 10, le courant I passant dans l'inductance L est sinusoïdal et s'annule à l'instant t_1 de fin du cycle de charge de la capacité C , de même que le courant I_c dans la céramique, représenté sur la courbe C_4 . Sa valeur maximale est de l'ordre de 15 Ampères. Quand ce courant I s'annule, le courant I_c s'annule aussi et la diode D_1 se bloque de sorte que la céramique piézo-électrique reste chargée à une valeur maximale constante U_{max} . A cet instant t_1 , le circuit électronique 12 commande le blocage du transistor de charge T_1 qui repasse à l'état 0.

[0037] La séquence d'injection de carburant par ouverture de l'actuateur piézo-électrique a lieu entre la séquence de charge de la capacité se terminant à l'instant t_1 et la séquence de décharge débutant à l'instant t_2 . Pour cela, la tension aux bornes de la céramique piézo-électrique doit être maintenue constante. Les transistors de puissance T_1 et T_2 restent bloqués à l'état bas pour assurer un courant nul à travers la céramique, entre t_1 et t_2 .

[0038] Dans le cas de la deuxième variante de réa-

lisation, le calculateur 11 maintient le transistor T_3 bloqué pour éviter la décharge de cette céramique à travers celui-ci.

[0039] La séquence de décharge débute à l'instant t_2 de passage du signal de commande de l'état 1 à l'état 0. Lors de la détection du front descendant de ce signal de commande S_1 , le transistor de décharge T_2 est immédiatement amorcé et devient passant, alors que le transistor de charge T_1 est maintenu bloqué à l'état 0, la tension entre sa grille et sa source étant maintenue à zéro. De plus, pendant cette décharge, le transistor T_3 de la deuxième variante de réalisation est maintenu à l'état bloqué, pour permettre la décharge de la capacité à travers le transistor T_2 et la diode associée D_2 .

[0040] Cette séquence de décharge se divise en deux sous-séquences :

- une décharge oscillante,
- une annulation du courant dans l'inductance L du circuit oscillant LC.

[0041] Lors de la décharge oscillante, le circuit oscillant LC, créé au moment du passage en conduction du transistor de décharge T_2 , est relié à la borne d'entrée e_+ du convertisseur en tension 11.

[0042] L'état initial du circuit oscillant est différent de celui de la charge puisque la capacité est chargée et que sa tension d'entrée est égale à la basse tension de la batterie U_b . Donc la tension aux bornes du circuit oscillant ne va tendre ni vers une valeur nulle, ni vers une valeur négative, comme c'était le cas dans l'art antérieur.

[0043] La décharge oscillante de la capacité C piézo-électrique se produit entre les instants t_2 et t_3 , c'est-à-dire entre la détection du front descendant du signal de commande et l'annulation de la tension aux bornes de la capacité C . Pendant cette séquence, le courant I_c dans la capacité décroît sinusoïdalement de zéro vers une valeur I_{OC} négative, voisine du minimum et le courant I dans l'inductance L décroît sinusoïdalement aussi de zéro jusqu'à une valeur négative I_0 égale à I_{OC} .

[0044] A l'instant t_3 d'annulation de la tension U_C aux bornes de la capacité C , dans la première variante de réalisation, la diode D_3 se met en conduction et ainsi empêche cette tension de devenir négative en la maintenant à une valeur nulle. Dans la deuxième variante de réalisation, c'est la diode interne du transistor de puissance T_3 qui joue le même rôle.

[0045] La figure 5 est le schéma électronique équivalent au circuit de décharge de la céramique piézo-électrique dans la deuxième variante de réalisation. Il suffit de remplacer le transistor T_3 par la résistance R en parallèle avec la diode D_3 pour obtenir le schéma du circuit de décharge selon la première variante de réalisation.

[0046] La deuxième sous-séquence débute à l'instant t_3 d'annulation de la tension U_C aux bornes de la

céramique piézo-électrique, alors que l'intensité I du courant dans l'inductance L n'est pas nulle.

[0047] Cette inductance L est soumise à une tension positive, égale à la tension U_b d'alimentation du convertisseur de tension 11, qui s'oppose au sens du courant. Le courant I décroît alors linéairement avec le temps à partir de l'instant t_3 , en négligeant les résistances des interrupteurs, à travers les deux diodes D_2 et D_3 dans la première variante de réalisation et à travers la diode D_2 et la diode interne du transistor T_3 dans la deuxième variante :

$$I(t) = I_0 - (U_b/L)*t$$

[0048] I_0 étant la valeur du courant I à l'instant t_3 .

[0049] La figure 6 est le schéma électronique équivalent du circuit d'annulation du courant dans l'inductance L , sous une tension constante.

[0050] A l'instant t_4 d'annulation du courant I , les diodes D_2 et D_3 , ou D_2 et la diode interne du transistor T_3 , se bloquent naturellement, empêchant ainsi le changement du sens du courant. Au même instant, le transistor de décharge T_2 est commandé au blocage.

[0051] Dans la première variante de réalisation, la résistance R évite la charge de la céramique provoquée par des courants de fuite des interrupteurs.

[0052] Dans la deuxième variante de réalisation, le transistor T_3 est piloté à l'amorçage pour assurer une tension nulle aux bornes de la céramique piézo-électrique.

[0053] Dans les deux variantes de réalisation qui viennent d'être décrites, les interrupteurs T_1 , T_2 et T_3 sont pilotés par le circuit électronique de commande 12 en boucle ouverte, à partir du signal de commande d'un calculateur de contrôle moteur par exemple.

[0054] Selon un premier mode de fonctionnement, le dispositif de commande d'un actuateur piézo-électrique selon l'invention fonctionne en boucle ouverte, le circuit de commande 12 recevant simplement un signal du calculateur électronique pour piloter les transistors.

[0055] Selon un deuxième mode, le dispositif fonctionne en boucle fermée afin de régler la tension de sortie U_S du convertisseur de tension DC-DC 11 dans le but d'assurer une charge complète de la céramique piézo-électrique. Pour cela, le circuit de commande 12 reçoit en entrée, en plus d'un ordre du calculateur 13 de contrôle de l'actuateur, les informations sur le courant I circulant à travers l'inductance L et sur la tension U_C aux bornes de la céramique. Ce mode de fonctionnement peut s'appliquer aux deux variantes de réalisation du dispositif.

[0056] La figure 7 est un schéma électronique du deuxième mode de fonctionnement en boucle fermée du dispositif de commande selon l'invention, appliquée à la première variante de réalisation.

[0057] Selon un troisième mode de fonctionnement, le dispositif de commande fonctionne en mode de régulation de la tension du convertisseur de tension 11,

en fonction des variations des caractéristiques de la céramique piézo-électrique que cette régulation soit analogique ou numérique. Dans le cas d'une structure analogique, le circuit de régulation comporte trois éléments, comme le montre la figure 8 qui correspond à la deuxième variante de réalisation.

[0058] Tout d'abord, un détecteur de crête 14 est branché en parallèle sur la céramique piézo-électrique C, destiné à contrôler la valeur de sa charge électrique. Il est constitué par exemple d'une résistance r en série avec une diode d, associée à une capacité c reliée à la masse.

[0059] Le détecteur de crête 14 délivre un signal de sortie à l'entrée d'un comparateur 15, destiné à comparer la tension maximale atteinte aux bornes de la céramique avec une tension de consigne V_{ref} .

[0060] Son signal de sortie est ensuite envoyé à l'entrée d'un régulateur 16 proportionnel-intégral, destiné à commander la tension de sortie U_s du convertisseur DC-DC.

[0061] Selon un quatrième mode de fonctionnement, le dispositif peut à la fois réguler la tension de sortie du convertisseur de tension 11 pour prendre en compte les variations des caractéristiques de cet élément dans le temps et fonctionner en boucle fermée pour assurer une charge totale de l'élément piézo-électrique.

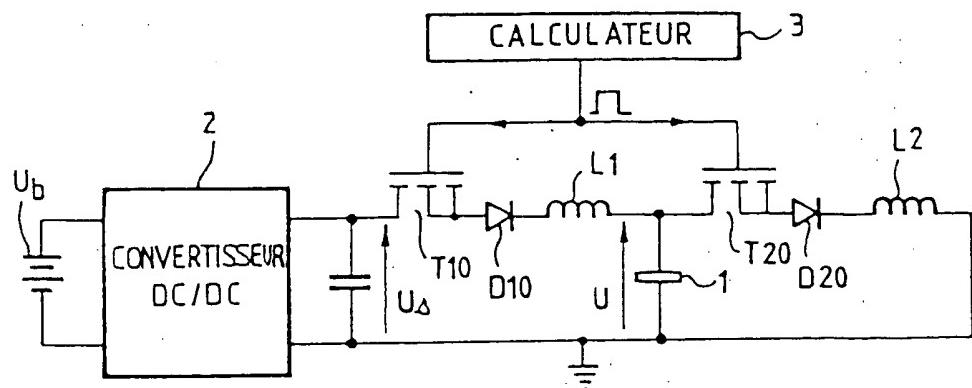
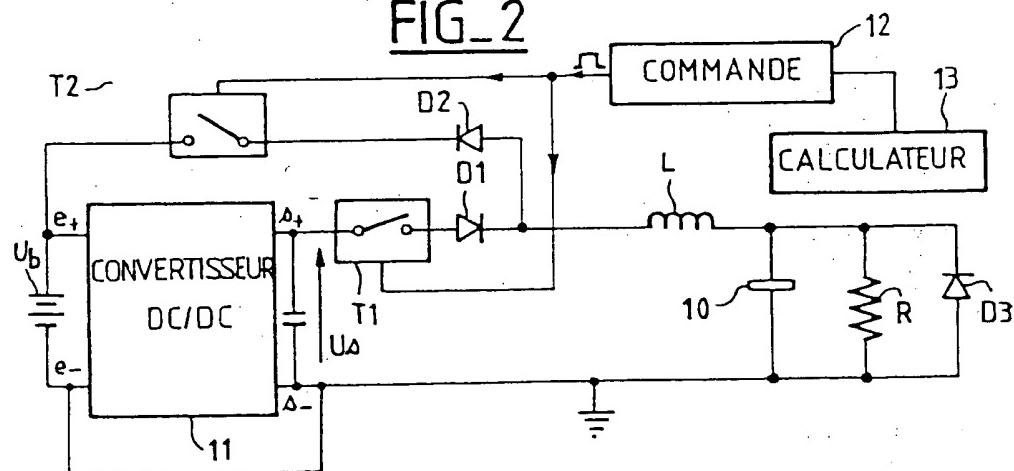
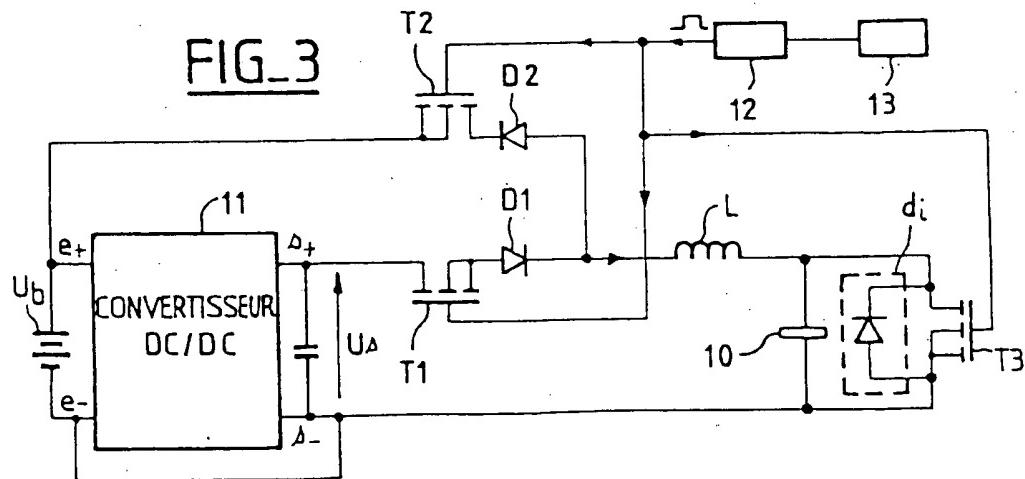
[0062] La figure 9 est un schéma électronique du dispositif de commande selon ce quatrième mode de fonctionnement, réalisé d'après la deuxième variante avec le transistor T_3 .

[0063] L'invention a pour avantage de décharger complètement la céramique piézo-électrique de l'actuateur, assurant ainsi un bon fonctionnement de l'actuateur. De plus, elle assure la récupération de l'énergie électrique stockée dans la céramique piézo-électrique.

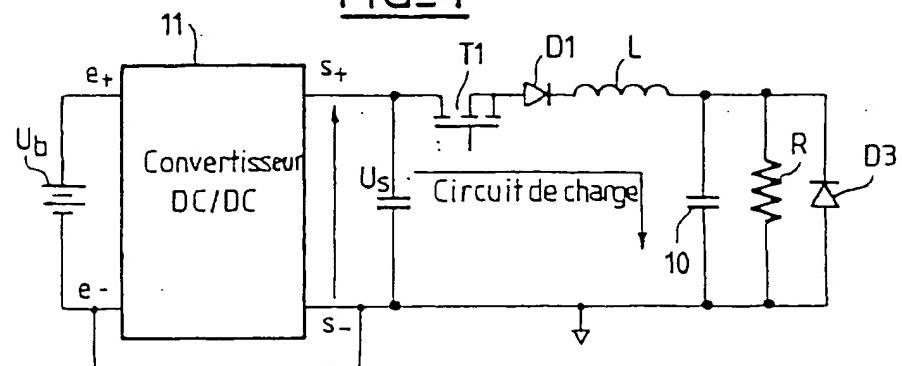
Revendications

1. Dispositif de commande d'un actionneur à céramique piézo-électrique, piloté électroniquement par un signal logique, comprenant un convertisseur de tension en courant continu alimenté en basse tension, un circuit de charge de la céramique piézo-électrique constitué d'une inductance réalisant un circuit oscillant avec la capacité de la céramique, en série avec un interrupteur et une diode, caractérisé en ce que :
 - le circuit de décharge de la céramique piézo-électrique est constitué d'une inductance (L) réalisant un second circuit oscillant dont la tension d'entrée est égale à la tension d'entrée du convertisseur (11) de tension par l'intermédiaire d'un second interrupteur (T_2) associé à une seconde diode (D_2) en série avec l'inductance (L) et passants dans le sens au courant de décharge.
2. Dispositif de commande selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte de plus :
 - des premiers moyens de maintien de la tension aux bornes de la céramique piézo-électrique à une valeur nulle en décharge et d'annulation du courant (I) dans l'inductance (L), et
 - des seconds moyens de blocage de la charge de la céramique piézo-électrique par des courants de fuite des interrupteurs après sa décharge.
3. Dispositif de commande selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de décharge de la céramique piézo-électrique est constitué de la même inductance (L) que le circuit de charge pour réaliser un second circuit oscillant dont la tension d'entrée est égale à la tension d'entrée du convertisseur (11) de tension par l'intermédiaire d'un second interrupteur (T_2) associé à une seconde diode (D_2) en série avec l'inductance (L) et passants dans le sens du courant de décharge.
4. Dispositif de commande selon la revendication 1, caractérisé en ce que le convertisseur (11) de tension, fonctionnant en courant continu, est sans isolation, la borne négative (e-) de la tension d'entrée (U_b) étant reliée à la borne négative (s-) de la tension de sortie (U_s).
5. Dispositif de commande selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens d'annulation du courant (I) dans l'inductance (L) sont constitués par une diode (D_3) en parallèle sur l'élément piézo-électrique (10), qui est bloquée pendant le cycle de charge de la céramique piézo-électrique et pendant le cycle de décharge jusqu'à l'instant d'annulation de la tension aux bornes de la céramique, instant à partir duquel elle devient passante pour maintenir cette tension nulle et laisser passer le courant (I) dans l'inductance jusqu'à ce que ce dernier s'annule.
6. Dispositif de commande selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de blocage de la charge de l'élément piézo-électrique (10) par d'éventuels courants de fuite des interrupteurs après sa décharge, sont constitués par une résistance (R) en parallèle sur l'élément, de valeur déterminée suffisamment élevée pour que son effet soit négligeable pendant les cycles de charge et de décharge de l'élément et pour bloquer une décharge éventuelle de cet élément pendant la période où il doit rester chargé.
7. Dispositif de commande selon la revendication 2, caractérisé en ce que les premiers moyens de maintien de la tension aux bornes de la céramique piézo-

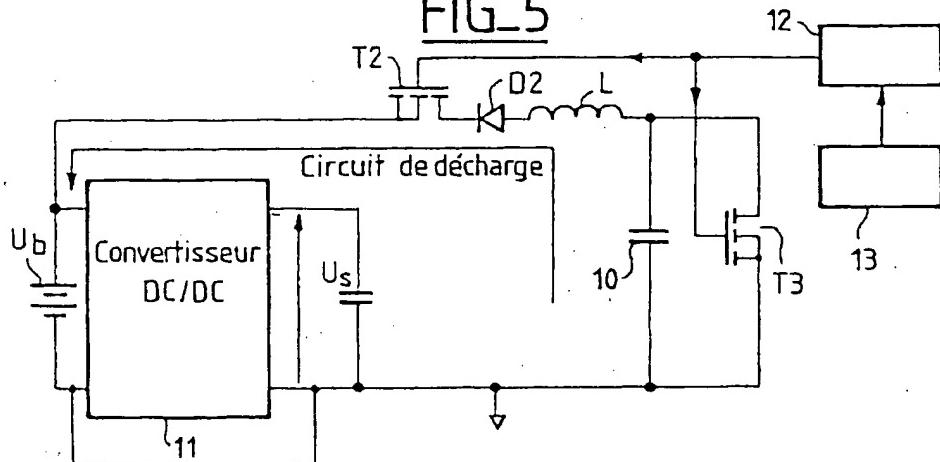
- électrique à une valeur nulle en décharge et d'annulation du courant (I) dans l'inductance (L), et les seconds de blocage de la charge de la céramique piézo-électrique par des courants de fuite des interrupteurs après sa décharge, sont constitués par un transistor de puissance MOSFET (T_3), de diode interne (d_i). 5
8. Dispositif de commande selon la revendication 2, caractérisé en ce que les interrupteurs (T_1 et T_2) des circuits respectivement de charge et de décharge de la céramique piézo-électrique (10) sont des transistors de puissance de type MOSFET canal N. 10
9. Dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte de plus un circuit de régulation de la tension du convertisseur de tension (11) constitué par : 15
- un détecteur de crête (14), branché en parallèle sur la céramique piézo-électrique (10) et destiné à contrôler la valeur de sa charge électrique ;
 - un comparateur (15) de la tension maximale atteinte aux bornes de la céramique (10) avec une tension de consigne (V_{ref}) ;
 - un régulateur (16) proportionnel intégral destiné à réguler la tension de sortie (U_s) du convertisseur de tension (11) à partir d'un signal délivré par le comparateur (15). 25
10. Procédé de mise en oeuvre du dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes : 30
- la charge de la céramique (10), démarrant à la détection du front montant du signal logique (S_l) émis par le circuit de commande (12) et au cours de laquelle l'interrupteur (T_1) du circuit de charge de la céramique (10) est passant, l'interrupteur (T_2) du circuit de décharge de ladite céramique (10) étant bloqué et les moyens d'annulation du courant dans l'inductance (L) étant bloqués ; 35
 - l'ouverture de l'actionneur à l'instant d'annulation du courant (I_c) dans la céramique (10), avec maintien de la tension maximale (U_{max}) constante à ses bornes par blocage de l'interrupteur (T_1) et de la diode (D_1) du circuit de charge de la céramique (10) ; 40
 - la décharge de la céramique (10), démarrant à la détection du front descendant du signal logique (S_l), et au cours de laquelle l'interrupteur (T_2) devient passant et les moyens d'annulation du courant (I) dans l'inductance (L) deviennent à leur tour passant à l'instant d'annulation de la tension (U_c) aux bornes de la céramique, 45
- jusqu'à l'instant d'annulation du courant (I). 50
11. Procédé de mise en oeuvre du dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 7 et 10, caractérisé en ce que le signal logique (S_l) pilotant les interrupteurs (T_1 , T_2 , T_3) du dispositif est envoyé par un circuit de commande (12) recevant un ordre d'un calculateur (13) de contrôle de l'actionneur à céramique piézo-électrique, de sorte que le dispositif de commande fonctionne en boucle ouverte. 55
12. Procédé de mise en oeuvre du dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 7 et 10, caractérisé en ce que le circuit (12) de commande des interrupteurs reçoit en entrée d'une part un ordre du calculateur (13) de contrôle de l'actionneur et d'autre part une information sur le courant (I) circulant à travers l'inductance (L) des circuits de charge et de décharge et une information sur la tension (U_c) aux bornes de la céramique piézo-électrique (10), pour fonctionner en boucle fermée en ajustant la tension de sortie (U_s) du convertisseur de tension (11) pour une charge complète de la céramique. 60
13. Procédé de mise en oeuvre du dispositif de commande selon la revendication 11, caractérisé en ce que le dispositif de commande de l'actionneur fonctionne en mode de régulation de la tension de sortie (U_s) du convertisseur de tension (11) en fonction des variations des caractéristiques de la céramique piézo-électrique (10), par mesure de la valeur de sa charge électrique au moyen d'un détecteur de crête (14), suivie d'une comparaison de la tension maximale aux bornes de la céramique avec une consigne (V_{ref}), dont le résultat est envoyé sur un régulateur (16) proportionnel-intégral qui commande la tension de sortie (U_s) du convertisseur (11). 65
14. Procédé de mise en oeuvre du dispositif de commande selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que la tension de sortie (U_s) du convertisseur de tension (11) est régulée pour, d'une part, une charge complète de la céramique (10) piézo-électrique par le dispositif (12) de commande des interrupteurs qui reçoit d'une part un signal du calculateur (13) de contrôle de l'actionneur et d'autre part des informations sur le courant (I) dans l'inductance (L) et sur la tension (U_c) aux bornes de la céramique (10) piézo-électrique, et pour, d'autre part, tenir compte des variations des caractéristiques de la céramique par le circuit de régulation de la tension de sortie (U_s). 70

FIG_1FIG_2FIG_3

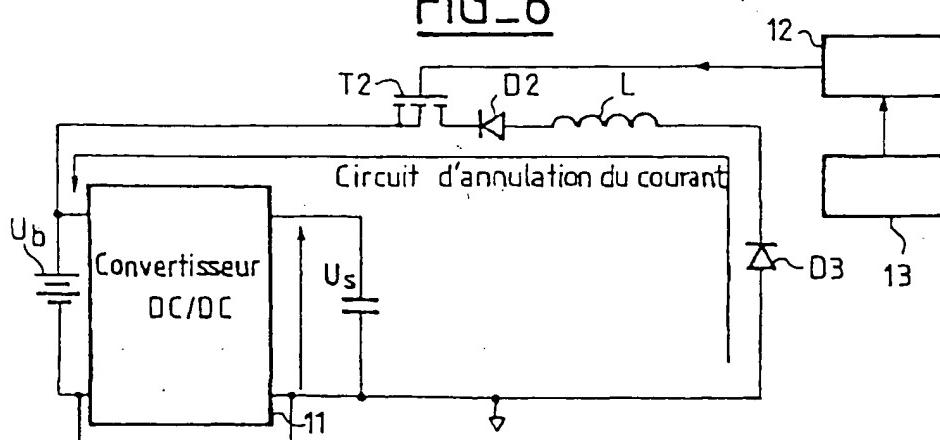
FIG_4



FIG_5



FIG_6



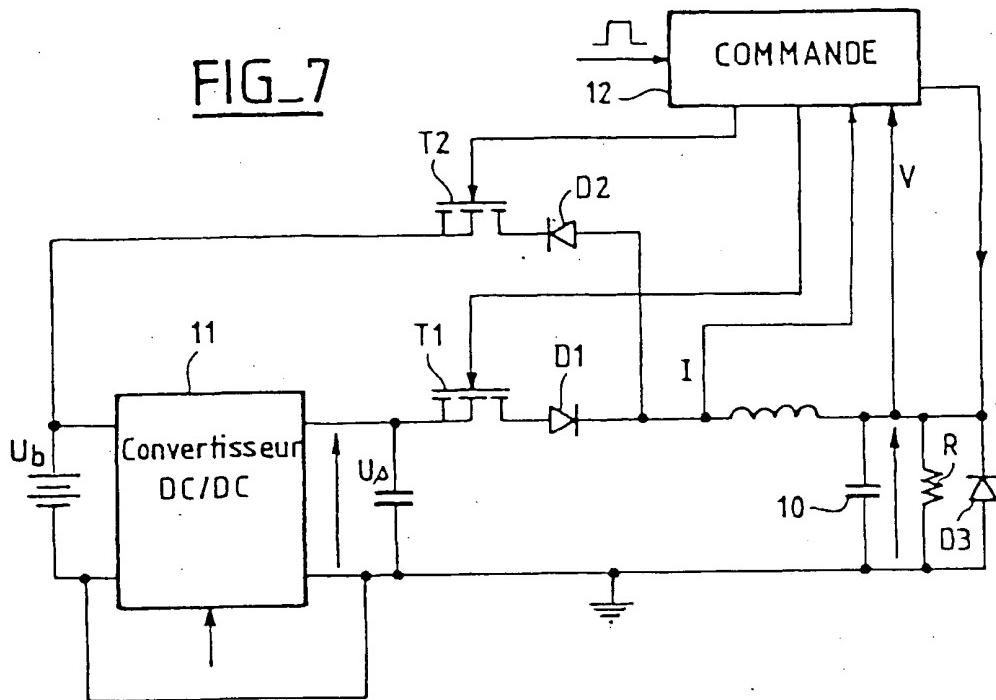
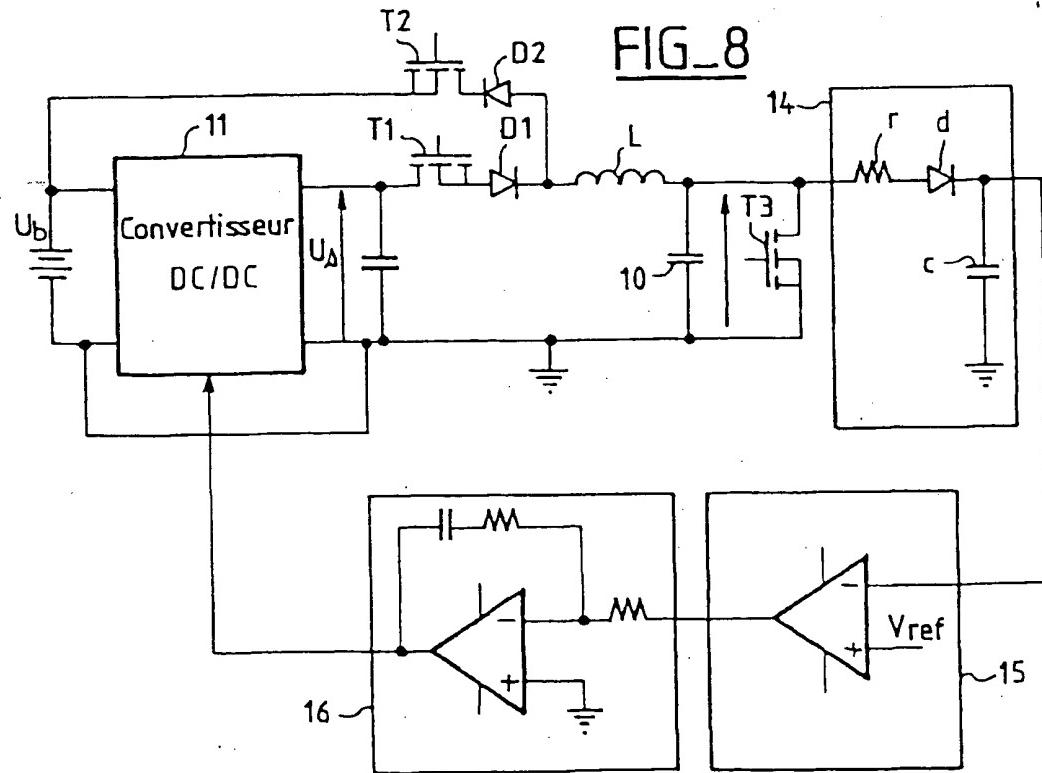
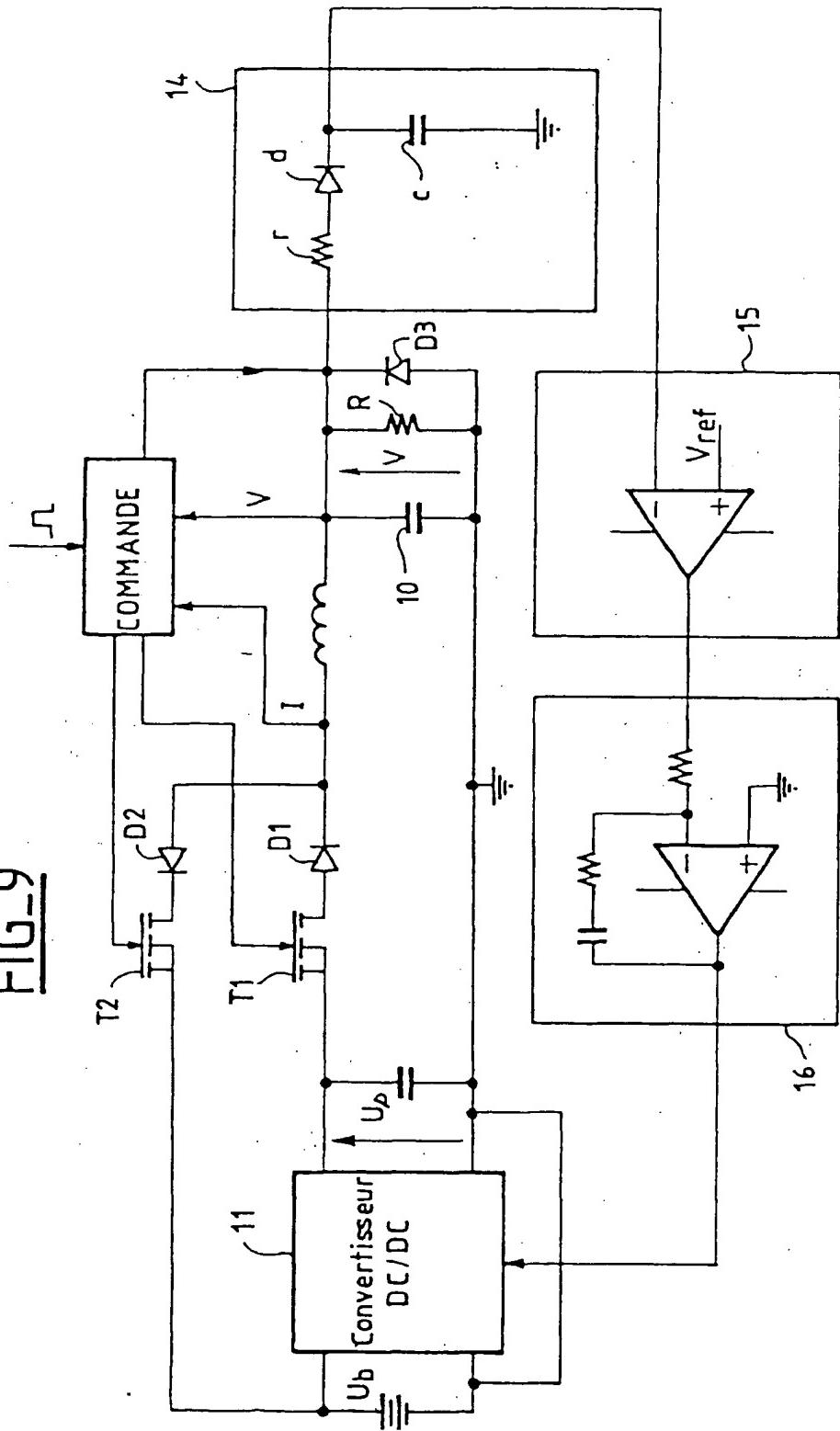
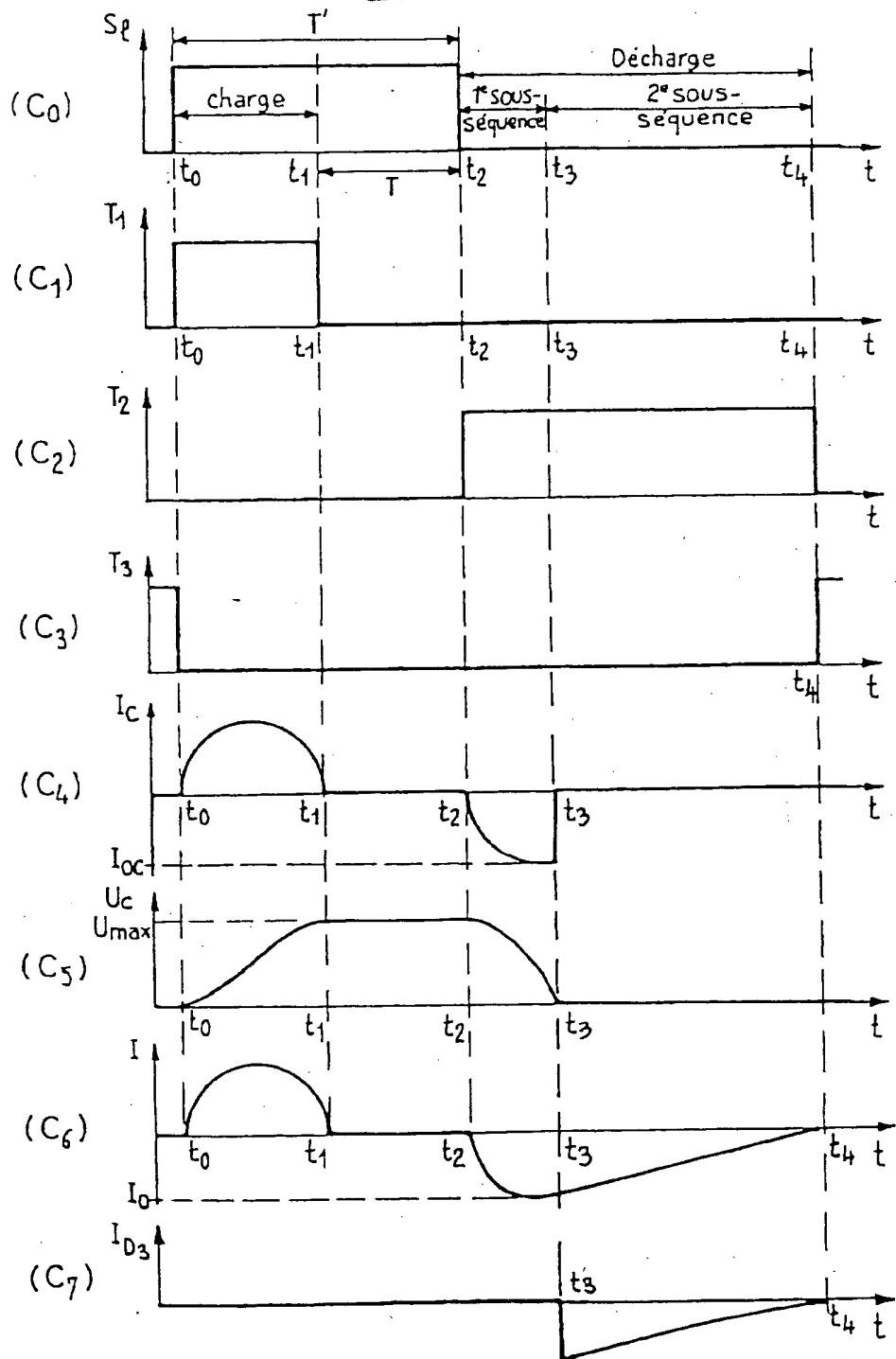
FIG_7FIG_8

FIG. 9



FIG_10





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 00 40 1881

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS									
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)						
A	EP 0 871 230 A (BOSCH GMBH ROBERT) 14 octobre 1998 (1998-10-14) * abrégé *	1,3	H01L41/04						
A	EP 0 750 104 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ;AISIN SEIKI (JP)) 27 décembre 1996 (1996-12-27) * abrégé; figure 2 *	1							
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)									
H01L									
<p>Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Lieu de la recherche</td> <td style="width: 33%;">Date d'achèvement de la recherche</td> <td style="width: 33%;">Examinateur</td> </tr> <tr> <td>LA HAYE</td> <td>2 octobre 2000</td> <td>Pelsers, L</td> </tr> </table>				Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	LA HAYE	2 octobre 2000	Pelsers, L
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur							
LA HAYE	2 octobre 2000	Pelsers, L							
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES									
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-scrutée P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant							

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 00 40 1881

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02-10-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 0871230 A	14-10-1998	DE	19714616 A	15-10-1998
		JP	10308542 A	17-11-1998
		US	6081061 A	27-06-2000
EP 0750104 A	27-12-1996	JP	6213047 A	02-08-1994
		DE	69404498 D	04-09-1997
		DE	69404498 T	05-02-1998
		DE	69422309 D	27-01-2000
		DE	69422309 T	08-06-2000
		EP	0611880 A	24-08-1994
		US	5477831 A	26-12-1995